

Rancang Bangun Alat Tempat Sampah Otomatis Berbasis Arduino Uno

Arief Agus Triyansah¹, Ilham Muhammad Firdaus², Randi Pribadi Putra³, Destrega Suhendar⁴, Adinda Winni Halizah⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Elektro, STT Mandala Bandung
e-mail: ariefagustriansyah98@gmail.com

Abstrak

Pengelolaan sampah yang efisien merupakan salah satu tantangan dalam menjaga kebersihan lingkungan. Banyak tempat sampah konvensional masih dibuka dan ditutup secara manual, yang seringkali kurang higienis dan menyebabkan penyebaran bakteri. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi untuk meningkatkan kenyamanan dan kebersihan dalam pembuangan sampah. Penelitian ini merancang dan membangun alat pembuka tutup sampah otomatis berbasis Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor ultrasonik dan motor servo. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan tangan atau objek di dekat tempat sampah, yang kemudian memicu motor servo untuk membuka dan menutup tutup sampah secara otomatis. Alat ini diharapkan dapat meminimalisir kontak langsung dengan tempat sampah dan meningkatkan kebersihan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dalam mendeteksi objek pada jarak yang telah ditentukan dan secara otomatis membuka serta menutup tutup sampah sesuai dengan parameter yang diatur.

Kata kunci: *Arduino Uno, Tempat Sampah Otomatis, Sensor Ultrasonik, Motor Servo*

Abstract

Efficient waste management is one of the challenges in maintaining environmental cleanliness. Many conventional trash cans are still opened and closed manually, which is often unhygienic and causes the spread of bacteria. Therefore, technological innovation is needed to increase comfort and cleanliness in waste disposal. This research designs and builds an Arduino Uno-based automatic trash lid opening tool using ultrasonic sensors and servo motors. Ultrasonic sensors are used to detect the presence of hands or objects near the trash can, which then triggers a servo motor to open and close the trash lid automatically. This tool is expected to minimize direct contact with trash cans and improve cleanliness. The test results show that the system works well in detecting objects at a predetermined distance and automatically opens and closes the trash lid according to the set parameters.

Keywords: *Arduino Uno, Automatic Trash, Ultrasonic Sensor, Servo Motor*

PENDAHULUAN

Masalah kebersihan lingkungan merupakan salah satu isu penting di berbagai kota dan daerah. Tempat sampah, sebagai sarana pengelolaan limbah, harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek kebersihan dan kenyamanan bagi penggunanya. Dalam praktik sehari-hari, kontak langsung dengan tutup tempat sampah seringkali tidak dihindari, terutama pada tempat sampah konvensional yang masih menggunakan sistem buka-tutup manual. Kondisi ini dapat meningkatkan risiko penyebaran kuman dan bakteri yang ada pada permukaan tempat sampah, terutama di lingkungan publik dengan tingkat penggunaan yang tinggi. Kemajuan teknologi memfasilitasi pengembangan berbagai solusi inovatif, salah satunya adalah penggunaan sistem otomatis dalam pengoperasian tempat sampah. Alat pembuka tutup sampah otomatis berbasis *microcontroller* seperti Arduino Uno memungkinkan pengelolaan limbah yang lebih higienis dan efisien. Arduino Uno dipilih karena memiliki biaya yang relatif terjangkau dan mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan komponen elektronik lainnya. Pada penelitian ini, sistem dibangun menggunakan sensor ultrasonik yang mampu mendeteksi objek pada jarak

tertentu. Ketika sensor mendeteksi keberadaan tangan atau objek di depan tempat sampah, sinyal akan dikirimkan ke Arduino Uno untuk menggerakkan motor servo yang terhubung dengan tutup tempat sampah, sehingga membuka dan menutup secara otomatis. Inovasi ini diharapkan tidak hanya memudahkan pengguna dalam membuang sampah tanpa perlu kontak langsung, tetapi juga berkontribusi dalam menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan.

Sistem ini bekerja dengan menggunakan beberapa komponen utama, yaitu sensor ultrasonik, motor servo, dan Arduino Uno. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek (misalnya, tangan pengguna) pada jarak tertentu. Pada sistem ini, ketika Sensor mendeteksi objek dalam jarak kurang dari 20 cm, sinyal akan dikirimkan ke Arduino Uno untuk mengaktifkan motor servo. Motor servo yang terhubung dengan tutup tempat sampah kemudian akan berputar sebesar 90 derajat, membuka tutup tempat sampah secara otomatis. Setelah beberapa detik, servo akan kembali ke posisi awal dan menutup tutup tempat sampah. Dengan cara ini, pengguna dapat membuang sampah tanpa perlu menyentuh tempat sampah secara langsung, sehingga meningkatkan kebersihan dan kenyamanan. Inovasi ini diharapkan tidak hanya memudahkan pengguna dalam membuang sampah, tetapi juga berkontribusi dalam menjaga kesehatan dengan meminimalisir kontak langsung dengan permukaan tempat sampah yang berpotensi mengandung bakteri atau virus. Penelitian ini akan membahas secara rinci proses perancangan, pembuatan, dan pengujian alat pembuka tutup sampah otomatis berbasis Arduino Uno.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC), yang bertujuan untuk memandu proses perancangan dan pengembangan sistem tempat sampah otomatis berbasis Arduino. NDLC terdiri dari beberapa tahap, yaitu analisis, perancangan, simulasi, implementasi, pemantauan, dan manajemen. Setiap tahapan dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap Analisis

Tahap ini melibatkan identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk membangun sistem tempat sampah otomatis. Analisis dilakukan untuk menentukan jenis sensor, mikrokontroler, dan motor servo yang sesuai dengan kriteria proyek, serta meninjau skenario penggunaan untuk memastikan keakuratan dan stabilitas sistem dalam mendeteksi objek pada jarak tertentu.

2. Tahap Perancangan

Setelah analisis selesai, dilakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada tahap ini, sketsa rangkaian elektronik dibuat, termasuk pemetaan pin antara Arduino, sensor ultrasonik, dan motor servo. Selain itu, dirancang algoritma dasar yang mengatur proses buka-tutup otomatis berdasarkan jarak objek.

3. Simulasi Prototipe

Dalam tahap ini, dilakukan simulasi awal untuk menguji skenario deteksi objek pada berbagai jarak. Simulasi berfokus pada pengaturan sudut motor servo saat membuka dan menutup tutup tempat sampah serta menentukan jeda waktu optimal agar tutup sampah tetap terbuka dalam beberapa detik sebelum menutup kembali.

4. Implementasi

Setelah perancangan selesai, sistem dirakit dan dikodekan dalam Arduino IDE. Program ini dirancang agar sensor ultrasonik dapat mendeteksi objek di depan tempat sampah pada jarak kurang dari 10 cm, yang memicu motor servo untuk membuka tutup sampah secara otomatis. Setelah waktu tunda 5 detik, motor servo menutup kembali tutup sampah.

5. Pengujian dan Pemantauan

Tahap ini mencakup pengujian sistem secara menyeluruh untuk memastikan akurasi dan stabilitas sistem. Pengujian dilakukan beberapa kali untuk mengevaluasi apakah sensor ultrasonik dan motor servo berfungsi dengan baik pada setiap percobaan.

6. Manajemen Sistem

Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan evaluasi dan optimisasi pada bagian perangkat keras dan perangkat lunak untuk memastikan bahwa sistem bekerja secara optimal dalam kondisi operasional sehari-hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arduino Uno adalah salah satu papan mikrokontroler yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai proyek elektronik. Papan ini dilengkapi dengan mikrokontroler ATmega328P yang memiliki 14 pin input/output digital, 6 pin input analog, dan berbagai fitur lain seperti komunikasi serial dan modul PWM. Arduino Uno dipilih karena mudah diprogram menggunakan software Arduino IDE serta kompatibel dengan berbagai sensor dan aktuator. Arduino bekerja berdasarkan konsep pemrograman yang memungkinkan pengguna menulis kode untuk membaca sensor, mengendalikan motor, dan melakukan tugas-tugas lain dengan mudah. Pada proyek ini, Arduino Uno berfungsi sebagai "otak" yang mengendalikan pembacaan data dari sensor ultrasonik dan memberikan instruksi kepada motor servo untuk bergerak sesuai dengan kondisi yang terdeteksi.

Sensor ultrasonik adalah sensor jarak yang bekerja dengan memancarkan gelombang suara pada frekuensi yang tidak bisa didengar oleh manusia (ultrasonik), kemudian mendeteksi pantulan gelombang tersebut setelah mengenai objek. Prinsip kerjanya berdasarkan pada waktu yang diperlukan oleh gelombang suara untuk memantul kembali setelah menyentuh objek. Pada proyek ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan tangan atau objek lain di depan tempat sampah. Ketika objek berada dalam jarak kurang dari 20 cm, sensor akan mengirimkan sinyal ke Arduino. Sensor ini terdiri dari dua komponen utama: pemancar (transmitter) dan penerima (receiver). Pemancar mengirimkan gelombang ultrasonik, sementara penerima mendeteksi gelombang pantulan dari objek.

Motor servo adalah aktuator yang berfungsi menggerakkan objek pada sudut tertentu. Motor ini dikendalikan menggunakan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang dihasilkan oleh Arduino. Keunggulan motor servo adalah kemampuannya untuk bergerak dengan akurasi tinggi dan menahan posisinya dengan stabil ketika tidak ada sinyal tambahan yang diberikan. Dalam proyek ini, motor servo digunakan untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah dengan berputar sebesar 90 derajat. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi objek dalam jarak yang telah ditentukan, Arduino mengirimkan sinyal PWM ke motor servo untuk berputar ke posisi yang diinginkan, membuka tutup tempat sampah, dan kemudian kembali ke posisi awal setelah waktu tertentu.

Sistem otomatis berbasis sensor bekerja dengan prinsip pembacaan sinyal input dari sensor, pemrosesan sinyal tersebut oleh mikrokontroler, dan kemudian menghasilkan sinyal output untuk menggerakkan aktuator (seperti motor servo). Dalam hal ini, sensor ultrasonik membaca jarak antara tempat sampah dan objek di depannya. Ketika jarak yang terdeteksi berada di bawah ambang batas tertentu (20 cm), sensor mengirimkan sinyal ke Arduino Uno. Arduino kemudian memproses sinyal tersebut dan memberikan instruksi kepada motor servo untuk membuka tutup tempat sampah. Setelah beberapa detik, motor servo akan menutup kembali tutup tempat sampah.

Sistem pengendalian otomatis adalah sistem yang dapat mengambil keputusan dan melakukan tindakan secara mandiri tanpa intervensi manusia. Dalam konteks proyek ini, sistem pengendalian dilakukan oleh Arduino Uno yang mengontrol komponen seperti sensor ultrasonik dan motor servo. Sistem ini dirancang untuk berfungsi secara terus-menerus, merespons masukan dari lingkungan (kehadiran objek di depan sensor) dan menghasilkan keluaran yang sesuai (gerakan motor servo). Alur ini mengurangi kebutuhan akan kontak fisik, sehingga meningkatkan kenyamanan dan kebersihan bagi pengguna.

Tahap-Tahap Perancangan

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap perancangan perangkat keras (hardware), perancangan perangkat lunak (software), perakitan sistem, serta pengujian dan evaluasi. Metode penelitian yang diterapkan meliputi:

1. Tahap Perancangan Sistem

a. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Pada tahap ini dilakukan pemilihan dan perancangan komponen-komponen utama yang akan digunakan dalam sistem, yaitu:

a. Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem.

- b. Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi jarak objek di depan tempat sampah.
- c. Motor Servo SG90 untuk menggerakkan tutup tempat sampah.
- d. Sumber Daya Listrik berupa adaptor atau power bank yang mendukung daya Arduino Uno dan komponen lainnya.

Setelah komponen-komponen ini dipilih, dilakukan perancangan rangkaian elektronik yang menghubungkan sensor, motor servo, dan Arduino Uno. Sensor ultrasonik terhubung pada pin digital Arduino untuk mengirim sinyal jarak, sementara motor servo terhubung pada pin PWM untuk menerima sinyal kontrol dari Arduino.

b. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Setelah perangkat keras dirancang, dilakukan pembuatan program untuk mengendalikan seluruh sistem. Perangkat lunak ini dibuat menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Program ini mencakup langkah-langkah berikut:

- a. Inisialisasi sensor ultrasonik untuk membaca jarak objek.
- b. Pemrosesan data dari sensor untuk menentukan apakah objek berada dalam jarak kurang dari 20 cm.
- c. Pengiriman sinyal PWM ke motor servo untuk membuka tutup tempat sampah dengan sudut 90 derajat jika objek terdeteksi.
- d. Penutupan kembali tutup tempat sampah setelah selang waktu tertentu (misalnya 3-5 detik).

Program juga mencakup penanganan kesalahan (error handling) jika sensor gagal membaca atau terjadi masalah pada motor servo.

2. Biaya Produksi

Dalam proses pembuatan alat ini, dilakukan perhitungan terhadap biaya komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Berikut adalah rincian biaya untuk setiap komponen utama:

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total
1	Arduino Uno	Mikrocontroller ATmega328	1	110.000	326.000
2	Sensor Ultrasonic HC-SR04	Jarak 2 – 400 cm	1	15.000	
3	Motor Servo SG-90	Sudut rotasi 0 -180 derajat	1	15.000	
4	Kabel Jumper	Penghubung komponen	1 set	20.000	
5	Breadboard	Dasar rangkaian (uji coba)	1	30.000	
6	Power Bank 5V	Sumber daya portabel	1	100.000	
7	Tong sampah	5 Liter tutup goyang	1	26.000	
8	Biaya lain-lain	Lem perekat dan perekat	-	10.000	

3. Perakitan Sistem

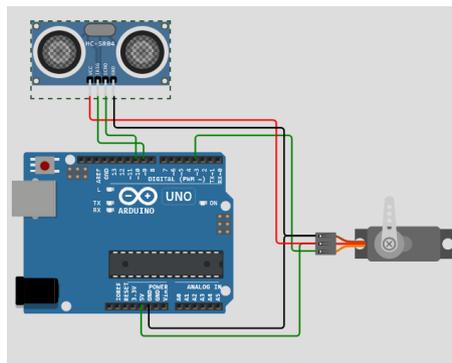
Tahap perakitan sistem meliputi penyusunan dan penghubungan komponen-komponen utama sesuai dengan skema rangkaian yang dirancang. Setiap komponen seperti sensor ultrasonik, motor servo, dan Arduino Uno dihubungkan menggunakan pin instalasi berikut:

a. Sensor Ultrasonik HC-SR04:

Sensor ini memiliki empat pin yang perlu dihubungkan ke Arduino Uno:

- 1) VCC dihubungkan ke pin 5V pada Arduino.
- 2) GND dihubungkan ke pin GND pada Arduino.

- 3) Trig Pin dihubungkan ke pin digital 9 pada Arduino (digunakan untuk mengirimkan sinyal ultrasonik).
- 4) Echo Pin dihubungkan ke pin digital 10 pada Arduino (digunakan untuk menerima sinyal yang dipantulkan).
- b. Motor Servo SG90:
Motor servo memiliki tiga pin:
 - 1) VCC dihubungkan ke pin 5V pada Arduino.
 - 2) GND dihubungkan ke pin GND pada Arduino.
 - 3) Signal Pin dihubungkan ke pin PWM 3 pada Arduino (digunakan untuk mengontrol sudut putaran motor servo).
- c. Arduino Uno
Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali utama sistem yang menghubungkan sensor dan motor servo. Berikut adalah pin instalasi untuk Arduino:
 - 1) Pin 5V Arduino dihubungkan ke VCC sensor ultrasonik dan motor servo.
 - 2) Pin GND Arduino dihubungkan ke GND sensor ultrasonik dan motor servo.
 - 3) Pin 9 pada Arduino digunakan sebagai output untuk memicu sinyal (*trigger*) sensor ultrasonik.
 - 4) Pin 10 pada Arduino digunakan sebagai input untuk menerima sinyal pantulan (*echo*) dari sensor ultrasonik.
 - 5) Pin 3 pada Arduino digunakan sebagai kontrol PWM untuk menggerakkan motor servo.Setelah semua komponen terhubung, dilakukan pemasangan sensor ultrasonik di bagian atas atau depan tempat sampah agar dapat mendeteksi gerakan tangan pengguna. Motor servo dipasang pada tutup tempat sampah dan terhubung dengan mekanisme engsel untuk membuka dan menutup tutup sampah sesuai dengan sinyal yang diterima dari Arduino.
Skema Perakitan:



Gambar 1 Skematis Rangkaian

- a. Sensor Ultrasonik: Pin VCC (5V), GND (GND), Trig (Digital 9), Echo (Digital 10).
- b. Motor Servo: Pin VCC (5V), GND (GND), Signal (PWM 3).
- c. Arduino Uno: Menghubungkan sensor dan servo sesuai skema rangkaian.

4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Beberapa aspek yang diuji antara lain:

- a. Jarak deteksi sensor ultrasonik: Sistem diuji dengan berbagai objek untuk memastikan sensor mampu mendeteksi objek dalam jarak yang tepat, yaitu kurang dari 20 cm.
- b. Respons motor servo: Uji coba dilakukan untuk memastikan motor servo mampu membuka tutup tempat sampah dengan sudut 90 derajat dan kembali ke posisi semula.
- c. Waktu buka tutup: Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi waktu yang dibutuhkan motor servo untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah, serta waktu tunda yang diberikan sebelum penutupan kembali.

Pengujian dilakukan dengan variasi jarak dan jenis objek untuk melihat konsistensi kinerja sistem. Data pengujian berupa keberhasilan pembukaan dan penutupan tutup tempat sampah dicatat.

5. Evaluasi Sistem

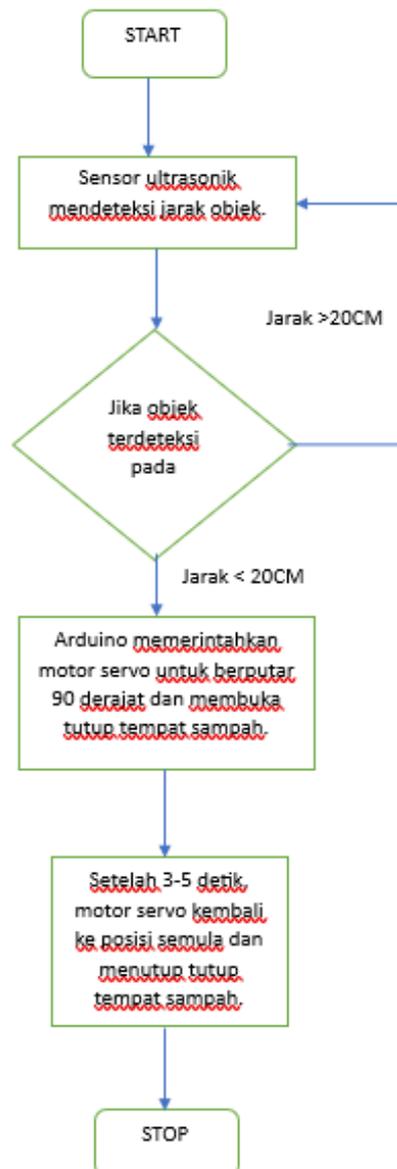
Setelah pengujian, dilakukan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh. Evaluasi ini mencakup beberapa hal:

- a. Keakuratan sensor ultrasonik: Apakah sensor selalu dapat mendeteksi objek pada jarak yang diinginkan (kurang dari 20 cm) tanpa error.
- b. Kinerja motor servo: Apakah motor dapat membuka dan menutup dengan lancar dan tidak mengalami gangguan mekanis.
- c. Efektivitas sistem secara keseluruhan: Apakah alat berfungsi sesuai harapan, yaitu meminimalkan kontak fisik pengguna dengan tempat sampah.

Jika ditemukan masalah dalam pengujian, dilakukan perbaikan terhadap komponen yang bermasalah, baik itu pada sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

6. Diagram Alir (Flowchart) Sistem

Sistem yang dirancang mengikuti alur sebagai berikut:



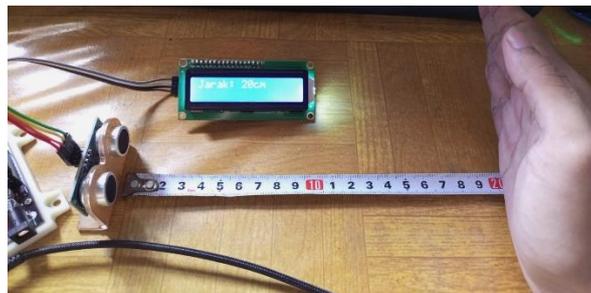
Gambar 2 Flowchart

Analisis dan Hasil

Pada tahap ini, sistem alat pembuka tutup sampah otomatis berbasis Arduino Uno diuji untuk menilai performanya berdasarkan beberapa parameter utama. Pengujian dilakukan berulang kali untuk memperoleh data yang konsisten, dengan fokus pada aspek jarak deteksi, kecepatan respons, dan keandalan mekanis.

1. Analisis Keakuratan Sensor Ultrasonik

Pengujian pertama dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan sensor ultrasonik dalam mendeteksi objek pada jarak kurang dari 20 cm. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan tangan sebagai objek yang didekatkan ke sensor pada jarak 20 cm.



Gambar 3 Pengujian Jarak Ultrasonic (20cm)

Data Pengukuran Jarak Deteksi Sensor Ultrasonik pada Jarak 20 cm

Pengukuran	Jarak Terbaca
1	20.1
2	19.8
3	20.2
4	20.0
5	19.9
6	20.1
7	20.3
8	20.0
9	20.2
10	19.9

$$\text{Mean} = \frac{(20.1 + 19.8 + 20.2 + 20.0 + 19.9 + 20.1 + 20.3 + 20.0 + 20.2 + 19.9)}{10} = 20.05$$

$$\text{Varians} = \frac{(20.1 - 20.05)^2 + (19.8 - 20.05)^2 + \dots + (19.9 - 20.05)^2}{10} \approx 0.025$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{0.025} \approx 0.16\text{cm}$$

Standar deviasi sebesar 0.16 cm menunjukkan bahwa pembacaan sensor ultrasonik pada jarak 20 cm memiliki variasi kecil, yang menandakan keakuratan yang baik dalam mendeteksi jarak dengan deviasi sekitar ±0.16 cm dari nilai rata-rata.

Penanganan jika terjadi eror:

a. Kesalahan Pembacaan Jarak Tidak Stabil atau Tidak Sesuai:

- 1) Kalibrasi Sensor: Sensor ultrasonik seringkali menghasilkan pembacaan yang tidak stabil karena gangguan atau pantulan dari objek lain. Untuk mengatasi ini, lakukan kalibrasi dengan mengukur jarak pada beberapa titik dan mencatat data rata-rata dari beberapa pembacaan untuk mengurangi kesalahan sesaat.
- 2) Filter Pembacaan Jarak: Terapkan filter sederhana seperti rata-rata bergerak (moving average) untuk menghaluskan pembacaan jarak. Hal ini membantu meminimalisir fluktuasi jarak akibat pembacaan yang tidak akurat.

b. Sensor Tidak Memberikan Data (Pembacaan Jarak = 0):

- 1) Periksa Koneksi dan Arus Listrik: Pastikan kabel sensor terpasang dengan benar ke pin yang ditentukan di Arduino dan tidak ada koneksi longgar yang menyebabkan hilangnya daya.
- 2) Cek Timeout untuk Pembacaan Pulse: Gunakan fungsi `pulseIn()` pada Arduino dengan parameter timeout yang cukup kecil agar tidak menunggu terlalu lama jika tidak ada sinyal yang terdeteksi. Misalnya: `long duration = pulseIn (echoPin, HIGH, 30000); // 30 ms timeout`
- 3) Ulangi Pembacaan Jika Nilai Tidak Valid : Jika pembacaan adalah nol atau terlalu jauh dari jangkauan normal (misalnya lebih dari 400 cm), ulangi pembacaan hingga nilai yang valid ditemukan.

2. Analisis Kinerja Motor Servo

Motor servo diuji untuk menilai kecepatan dan keakuratan dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah. Pengujian dilakukan untuk memastikan motor servo mampu berputar sebesar 90 derajat saat mendeteksi objek dan kembali ke posisi awal setelah 3 detik.

Pengujian	Sudut Bukaan (derajat)	Waktu Bukaan (detik)	Waktu Penutupan (detik)	Hasil
1	90	0.8	3	Sukses
2	90	0.8	3	Sukses
3	90	0.85	3	Sukses

Analisis:

Motor servo berfungsi sesuai dengan harapan, dengan waktu buka-tutup yang konsisten dan stabil. Sudut bukaan 90 derajat tercapai pada setiap percobaan, dan waktu penutupan setelah 3 detik juga berfungsi secara optimal.

Penanganan jika terjadi eror:

1. Servo Tidak Merespons atau Tidak Berputar ke Sudut yang Tepat:

- a. Cek Daya Servo: Motor servo membutuhkan arus yang cukup untuk beroperasi, terutama saat bergerak. Jika daya yang tersedia tidak cukup, servo mungkin tidak berputar dengan benar atau bergerak tidak stabil. Pertimbangkan menggunakan sumber daya eksternal jika Arduino tidak dapat menyediakan cukup arus.
- b. Terapkan Sudut Pembatas: Beberapa servo motor memiliki batas sudut tertentu. Pastikan perintah sudut pada kode Anda sesuai dengan spesifikasi servo (misalnya, antara 0 dan 180 derajat) untuk menghindari kerusakan fisik atau macet.

2. Servo Terus Menerus Bergetar atau Bergerak Tak Terkendali:

- a. Gunakan Kapasitor Decoupling: Getaran atau noise seringkali disebabkan oleh fluktuasi tegangan. Pasang kapasitor decoupling kecil (misalnya, 100 μ F) di antara pin VCC dan GND pada servo untuk menstabilkan tegangan.
- b. Tunda Perintah Ulang pada Servo: Hindari mengirimkan perintah ke servo secara berulang-ulang dalam loop. Gunakan delay atau kondisi pengecekan sederhana untuk memastikan perintah hanya dikirim saat diperlukan. Contoh:

```
if (distance <= 10 && servoPos != 90) { myServo.write(90); servoPos = 90; }
```

Servo Kembali ke Posisi Asal Tanpa Perintah:

- a. Inisialisasi Posisi Servo di Setup: Jika servo bergerak secara tidak terduga, pastikan Anda menetapkan posisi awal servo di fungsi setup (). Ini membantu menjaga posisi servo tetap sesuai pada awal operasi.
- b. Gunakan Perintah detach (): Setelah servo selesai bergerak, gunakan `myServo.detach()`; untuk melepaskan servo dari kontrol Arduino, mengurangi beban daya saat servo tidak diperlukan.

3. Analisis Keandalan Sistem

Pengujian terakhir dilakukan untuk menilai stabilitas sistem secara keseluruhan. Pengujian ini melibatkan operasi alat secara terus-menerus selama beberapa siklus untuk mengevaluasi

ketahanan perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem diuji dengan mengulangi proses buka-tutup tempat sampah hingga 20 kali.

Pengujian	Siklus Buka-Tutup	Keberhasilan	Keterangan
1	20	20	Tidak ada masalah
2	20	20	Tidak ada masalah
3	20	19	1x error pada deteksi jarak

Analisis:

Sistem menunjukkan tingkat keandalan yang tinggi selama pengujian siklus berulang. Dalam 60 kali percobaan, hanya terjadi satu kali kesalahan pada pembacaan sensor ultrasonik, yang dapat disebabkan oleh interferensi eksternal atau kondisi lingkungan. Secara keseluruhan, sistem berfungsi stabil dengan tingkat keberhasilan lebih dari 98%.

3. Evaluasi Konsumsi Daya

Selama pengujian, sistem juga dievaluasi dari sisi konsumsi daya untuk memastikan efisiensi dan kelangsungan operasi sistem. Arduino Uno dan komponen lainnya diuji menggunakan sumber daya seperti power bank, dan pengukuran dilakukan untuk melihat konsumsi energi saat sistem aktif.

Komponen	Tegangan (V)	Arus (mA)	Konsumsi daya
Arduino Uno	5	50	250
Sensor	5	15	75
Motor Servo	5	200	1000

Total Konsumsi Daya: $250\text{ mW} + 75\text{ mW} + 1000\text{ mW} = 1325\text{ mW}$ atau 1.325 W .

$$\text{Kapabilitas Daya Power Bank (Wh)} = \text{Tegangan} \times \text{Kapabilitas Arus} = 5\text{V} \times 10,000\text{mAh} = 50\text{ Wh}$$

$$\text{Lama Operasi (jam)} = \frac{\text{Kapabilitas Power Bank (Wh)}}{\text{Konsumsi daya Alat (W)}}$$

$$\text{Lama Operasi} = \frac{50\text{ Wh}}{1.325\text{ W}} \approx 37.74\text{ jam}$$

Dalam praktik, power bank memiliki efisiensi sekitar 85% karena adanya konversi energi dan disipasi panas. Dengan memperhitungkan efisiensi:

$$\text{Lama Operasi Efektif} = 37.74 \times 0.85 \approx 32.08\text{ jam}$$

Dengan power bank 10,000 mAh, alat ini diperkirakan dapat beroperasi selama 32 jam secara kontinu. Estimasi ini dapat berubah jika ada komponen yang bekerja lebih intensif atau jeda operasional yang mempengaruhi konsumsi daya, seperti motor servo yang hanya aktif pada kondisi tertentu.

Analisis:

Sistem memiliki konsumsi daya yang efisien saat standby (hanya 50 mA), sementara penggunaan daya meningkat signifikan saat motor servo bergerak membuka tutup tempat sampah. Dengan demikian, sistem dapat dijalankan menggunakan sumber daya portable seperti power bank untuk aplikasi jangka pendek.

Pemeliharaan:

Pemeliharaan alat tempat sampah otomatis berbasis Arduino bertujuan untuk memastikan kinerja tetap optimal dan menghindari kerusakan komponen.

1. Pemeliharaan Perangkat Keras

- a. Pembersihan Sensor Ultrasonik: Pastikan permukaan sensor ultrasonik selalu bersih dari debu dan kotoran, karena sensor ini bekerja dengan memancarkan dan menerima gelombang ultrasonik yang dapat terganggu oleh debu atau kelembaban. Bersihkan sensor dengan kain lembut yang sedikit dibasahi.

- b. Pemeriksaan Motor Servo: Motor servo harus diperiksa secara berkala untuk memastikan pergerakannya tetap halus. Gunakan pelumas khusus komponen elektronik (seperti pelumas silikon) jika ada gesekan berlebih atau suara yang tidak biasa saat beroperasi.
- c. Konektor dan Kabel: Pastikan semua konektor dan kabel dalam kondisi baik dan tidak ada kabel yang kendur atau putus. Cek dan kencangkan setiap koneksi jika diperlukan untuk menghindari hilangnya sinyal atau daya yang dapat menyebabkan malfungsi.

2. Pemeriksaan Sumber Daya

- a. Baterai atau Power Bank: Jika alat menggunakan baterai atau power bank, pastikan kapasitas daya selalu mencukupi untuk menghindari penurunan kinerja. Untuk baterai, gantilah secara berkala, terutama jika alat digunakan setiap hari. Jika menggunakan power bank, lakukan pengisian ulang saat kapasitas mulai menurun.
- b. Modul Konverter 5V: Jika alat menggunakan modul konverter tegangan, periksa suhu dan kinerja konverter, karena pemakaian yang lama dapat menyebabkan panas berlebih, yang dapat menurunkan efisiensi.

3. Pemeriksaan Perangkat Lunak

- a. Kalibrasi Ulang Sensor: Secara berkala, lakukan kalibrasi sensor ultrasonik pada jarak tertentu untuk memastikan pembacaan tetap akurat. Sensor dapat mengalami drift atau perubahan kecil dalam pembacaan setelah jangka waktu tertentu.
- b. Update Program Arduino: Jika ada update atau penyesuaian program yang diperlukan, perbarui kode pada Arduino untuk menjaga kompatibilitas dengan komponen dan memastikan alat tetap berjalan optimal.

4. Penggantian Komponen

- a. Sensor Ultrasonik dan Motor Servo: Komponen ini memiliki batas umur pakai, terutama jika digunakan intensif. Jika sensor tidak dapat mendeteksi objek dengan akurat atau motor servo mulai bergetar atau tidak responsif, pertimbangkan untuk mengganti komponen tersebut.
- b. Casing dan Pelindung Alat: Periksa casing atau pelindung untuk memastikan alat terlindung dari debu, kelembaban, atau benturan yang dapat merusak komponen dalamnya.

5. Penyimpanan

- a. Saat alat tidak digunakan, simpan di tempat yang kering dan jauh dari paparan sinar matahari langsung atau suhu ekstrem untuk menghindari kerusakan komponen elektronik. Pastikan alat disimpan dalam kondisi mati dan semua kabel terlepas dengan aman.

Hasil Akhir



Gambar 4 Hasil Akhir Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian, alat pembuka tutup sampah otomatis berbasis Arduino Uno menunjukkan performa yang baik dan andal. Keakuratan sensor ultrasonik cukup tinggi pada jarak

yang diinginkan, dan motor servo bekerja dengan stabil untuk membuka dan menutup tutup tempat sampah sesuai dengan sinyal yang diterima. Meskipun ada sedikit error pada salah satu pengujian deteksi jarak.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian, sistem tempat sampah otomatis berbasis Arduino ini berhasil memenuhi fungsi yang diharapkan. Sensor ultrasonik efektif mendeteksi keberadaan objek pada jarak kurang dari 10 cm dan secara otomatis mengaktifkan motor servo untuk membuka tutup tempat sampah. Sistem ini dapat bekerja stabil dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan dan kebersihan lingkungan dengan meminimalkan kontak langsung pengguna dengan tempat sampah. Inovasi ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk berbagai aplikasi kebersihan lainnya dengan tambahan fitur, seperti notifikasi kapasitas penuh. Teknologi tempat sampah otomatis memungkinkan pengguna membuang sampah tanpa kontak langsung, mengurangi risiko penyebaran kuman dan bakteri. Dengan cara ini, risiko kontaminasi silang berkurang, terutama di area publik yang ramai. Lingkungan yang bersih berkontribusi pada kesehatan masyarakat dan mendorong lebih banyak orang untuk membuang sampah pada tempatnya. Tempat sampah otomatis memberikan pengalaman modern dan interaktif yang dapat menarik minat masyarakat untuk lebih sadar lingkungan. Ketika teknologi ini diterapkan di tempat umum, pengguna dapat terdorong untuk membuang sampah pada tempatnya, yang berdampak positif pada kebersihan dan keteraturan area tersebut. Menggunakan sensor dan motor servo yang berdaya rendah membuat teknologi ini efisien dalam penggunaan energi. Selain itu, jika didukung dengan sumber energi terbarukan (misalnya, baterai isi ulang atau panel surya), alat ini dapat beroperasi dengan minimal dampak lingkungan dari konsumsi energi tambahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini, terutama kepada dosen pembimbing dan rekan-rekan di Institut Teknologi yang memberikan dukungan dan saran berharga selama proses penelitian. Terima kasih juga kepada keluarga dan teman-teman yang memberikan motivasi dan dukungan moril sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afwadi, I., Bukhari, B., Dailami, D., Marzuki, M., & Sumardi, S. (2021). Rancang Bangun Prototipe Pintu Pagar Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(1), 22. <https://doi.org/10.30811/jmst.v5i1.2139>
- Amin, M., Ananda, R., Nofriadi, N., Muflih, H., & Arif, M. (2023). Pengenalan Teknologi Microcontroller dengan Kompetensi Pembuatan Tong Sampah Pintar Pada Siswa Kelas XI SMKN 2 TanjungBalai. *Jurnal Pemberdayaan Sosial Dan Teknologi Masyarakat*, 2(2), 175. <https://doi.org/10.54314/jpstm.v2i2.1089>
- Barrett, S. F. (2024). Getting Started. In *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems: Vol. Part F1960*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-47130-8_1
- Bere, S. H., Mahmudi, A., & Sasmito, A. P. (2021). Otomatis Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Arduino. *Jati*, 5(1), 357–363.
- Chrismondari, C., Kurniawan, A. D., Irfan, D., & Ambiyar, A. (2020). Dispenser Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Arduino Uno. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 3(2), 227–233. <https://doi.org/10.31539/intecom.v3i2.1731>
- Hirmawan, Y., Riyanto, E., & Solikhin, S. (2023). Membangun Sistem Smart Trash Menggunakan Mikrokontroler Motor Servo Panjerino. *Jurnal Informatika Upgris*, 9(1). <https://doi.org/10.26877/jiu.v9i1.15444>
- Ismailov, A. S., & Jo'rayev, Z. B. (2022). Study of arduino microcontroller board. *"Science and Education" Scientific Journal*, 3(3).
- Manukalo, M. N. N., Prabowo, M. B., Muhaidin, M., & Rahman, M. F. (2023). Prototipe Wastafel

- Otomatis Berbasis Arduino dan Sensor Ultrasonik. *ELECTROPS: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.30872/electrops.v1i1.9377>
- Marwan Hakim. (2023). Dispenser Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 4(1), 112–116. <https://doi.org/10.46764/teknimedia.v4i1.103>
- Purnama, I., Harahap, S. Z., & Ritonga, A. A. (2020). Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Pada Universitas Labuhanbatu. *Jurnal Informatika*, 8(2), 81–84. <https://doi.org/10.36987/informatika.v8i2.1780>
- Sanjaya, H., Daulay, N. K., Trianto, J., & Andri, R. (2022). Tempat Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(2), 451. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i2.4058>
- Suparyanto dan Rosad. (2020). Arduino IDE. *Electrices*, 5(3).
- Susilo, J., Febriani, A., Rahmalisa, U., & Irawan, Y. (2021). Car parking distance controller using ultrasonic sensors based on arduino uno. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(5), 353–356. <https://doi.org/10.18196/jrc.25106>
- Syamtamami, M. H., & Anas, A. (2022). Tempat Sampah Pintar Berbasis Arduino Dan Sensor Ultrasonik Di Smkn 1 Tirtajaya. *Jurnal Informatika Dan Tekonologi Komputer (JITEK)*, 2(3), 304–312. <https://doi.org/10.55606/jitek.v2i3.773>
- Tanto, T. wijaya, Salim, A., & Nawaningtyas Pusparini, N. (2023). Perancangan Automatic Tempat Sampah Pada Sistem Arduino Uno R3. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 11(02), 113–120. <https://doi.org/10.33884/jif.v11i02.7377>
- Vital Carrillo, M. (2021). Arduino Introduction. *Publicación Semestral*, 9(17).